

Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan

Backpropagation

Skripsi

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana S-1

Program Studi Teknik Informatika



Disusun Oleh :

Nugroho Anjar Setyarso

13650002

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2018



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor :B-500/UIN.02/D.ST/PP.01.1/06/2018

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Nugroho Anjar Setyarso
NIM : 13650002
Telah dimunaqasyahkan pada : 7 Juni 2018
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Nurochman, M.Kom
NIP. 19801223 200901 1 007

Penguji I

Maria Ulfah Siregar, M.IT. Ph.D
NIP.19780106 200212 2 001

Penguji II

Dr. Bambang Sugiantoro
NIP.19751024 200912 1 002

Yogyakarta, 29 Juni 2018
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Dr. Murtono, M.Si
NIP. 19691212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nugroho Anjar Setyarso
NIM : 13650002
Judul Skripsi : Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Teknik Informatika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 30 Mei 2018

Pembimbing

Nurochman, S.Kom., M.Kom.

NIP. 19801223 200901 1 007

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang Bertandatangan Dibawah ini:

Nama : Nugroho Anjar Setyarso

Nim : 13650002

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi dengan Judul **“Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation”** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 30 Mei 2018

Yang menyatakan,



Nugroho Anjar Setyarso

NIM. 13650002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidyah serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation”** ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana program studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat dan salam mudah-mudahan selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta seluruh keluarganya, sahabatnya, tabi'in, tabi'ut tabi'in, dan sambung-menyambung hingga akhir zaman. Penulis sepenuhnya menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan laporan ini di masa yang akan datang. Semoga apa yang telah penulis sampaikan dalam laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Tak lupa penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Drs. KH. Yudian Wahyudi, Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Murtono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Bambang Sugiantoro, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak M. Didik R. Wahyudi, M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Bapak Nurochman, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing, memberikan masukan, saran dan koreksi kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, terimakasih atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.
7. Ayahanda Sumaryono dan Ibunda Umayyah tercinta, atas segala perhatian dan do'a yang telah dipanjatkan, serta kasih sayang dan dukungan moril maupun materil yang tidak pernah terputus selalu diberikan kepada penulis.
8. Kakak-kakakku Umayyah dan Arif kurniadi serta adikku Kurnia Dewi Safitri yang selalu memberikan dorongan semangat dan motivasi kepada penulis.
9. Serta sahabat-sahabat rekan seperjuangan Prodi Tekik Informatika angkatan 2013 yang turut menjadi motifasi bagi penulis untuk dapat segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji dan syukur hanya milik Allah yang hanya dengan ridho-Nya lah apa yang ada di langit dan bumi ini dapat berjalan sebagaimana ketetapan-Nya.

Skripsi ini akan penulis persembahkan untuk keluarga tercinta, Ayahanda dan Ibunda, serta kakak-kakak dan adik yang mudah-mudahan selalu berada di bawah naungan dan rahmat Allah SWT.

Ucapan terimakasih juga penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah menyertai perjalanan penulis selama masa pendidikan di jenjang perkuliahan ini yaitu:

1. Keluarga besar Mbah Oemar Ali Yogyakarta
2. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
3. Rekan-rekan serta sahabat seperjuangan Program Studi Teknik Informatika 2013
4. Ustadz dan Ustadzah pembimbing Divisi Tilawah UKM JQH al-Mizan: Ust. ‘Ain, Ust. Tantan, dan Usth. Zakiyah
5. Rekan-rekan seperjuangan pengurus Divisi Tilawah periode masa bakti 2015/2016 serta anggota.
6. Rekan-rekan seperjuangan pengurus Divisi Tilawah periode masa bakti 2016/2017 serta anggota.
7. Rekan-rekan pengurus UKM JQH al-Mizan periode masa bakti 2015/2016
8. Rekan-rekan pengurus UKM JQH al-Mizan periode masa bakti 2016/2017
9. Keluarga besar UKM JQH al-Mizan
10. Rekan-rekan seperjuangan pengurus IMM Pimpinan Komisariat Saintek periode masa bakti 2015/2016 serta anggota.
11. Keluarga besar IMM Pimpinan Komisariat Saintek

HALAMAN MOTTO

BERSABARLAH,

Maka Allah Akan Menolongmu

Dan

BERSYUKURLAH,

Maka Allah Akan Menambah Nikmatmu



DAFTAR ISI

COVER	i
PENGESAHAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2

1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Pengenalan pola.....	6
2.2.2 Ekstraksi Fitur	6
2.2.3 <i>Histogram of Oriented Gradient</i>	7
2.2.4 Jaringan Saraf Tiruan	10
2.2.5 Tanda Nomor Kendaraan Bermotor	20
2.2.6 OpenCV.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Studi Pendahuluan.....	23
3.2 Pengumpulan Data	23
3.3 Analisis Kebutuhan Sistem	24
3.4 Tahap Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Persiapan Data.....	29

4.2 Ekstraksi Fitur	31
4.3 Pelatihan dan Pengujian Jaringan.....	35
4.3.1 Perancangan struktur JST.....	35
4.3.2 Implementasi	36
4.3.3 Pelatihan dan Pengujian Jaringan Pengenal Karakter Plat.....	37
4.3.4 Pelatihan dan Pengujian Jaringan Pendeteksi Karakter Plat	43
4.4 Pengujian Sistem	45
4.5 Pembahasan.....	49
BAB V PENUTUP.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR TABEL

Table 1.1 Perbedaan Penelitian	5
Table 3.1 Tabel rekapitulasi hasil pelatihan dan pengujian jaringan pengenalan karakter plat kendaraan	41
Table 3.2 Tabel rekapitulasi hasil pengujian terhadap skenario yang menghasilkan akurasi tertinggi.....	42
Table 3.3 Tabel rekapitulasi hasil pelatihan dan pengujian jaringan pendeteksi karakter plat nomor kendaraan.....	44
Table 3.4 Tabel rekapitulasi hasil pengujian jaringan menggunakan struktur Hidden Layer 10;18.....	44
Table 3.5 Tabel rekapitulasi hasil pengujian jaringan menggunakan struktur Hidden Layer 18;12.....	44
Table 3.6 Tabel rekapitulasi hasil pengujian jaringan menggunakan struktur Hidden Layer 21;26.....	44
Table 3.7 Tabel rekapitulasi hasil pengujian jaringan menggunakan struktur Hidden Layer 22;10.....	45
Table 3.8 Tabel rekapitulasi hasil pengujian sistem pada 46 citra dari 60 citra plat kendaraan	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses ekstraksi fitur HOG.....	7
Gambar 2.2 Detection Window / Sliding Window	9
Gambar 2.3 Contoh sebuah jaringan saraf tiruan multilapis (Multilayer Neural Network)	11
Gambar 2.4 Jaringan lapis tunggal.....	12
Gambar 2.5 Jaringan lapis banyak	13
Gambar 2.6 Recurrent Network tanpa Hidden Neuron.....	14
Gambar 2.7 Recurrent Network dengan Hidden Neurons	14
Gambar 2.8 Jaringan Lattice satu dimensi dengan tiga neuron	15
Gambar 2.9 Jaringan Lattice dua dimensi dengan 3×3 neuron.....	15
Gambar 2.10 Arsitektur jaringan Backpropagation	17
Gambar 2.11 Alur kerja jaringan Backpropagation	18
Gambar 2.12 Gambar citra plat nomor kendaraan.....	21
Gambar 3.1 Metode penelitian.....	28
Gambar 4.1 Perbedaan ukuran pemotongan karakter plat	30
Gambar 4.2 Interface program pelatihan dan pengujian JST	37
Gambar 4.3 Diagram Alir proses pelatihan dan pengujian jaringan pengenalan dan jaringan pendeteksi karakter plat kendaraan	39
Gambar 4.4 Diagram Alir proses pengujian sistem pengidentifikasi plat nomor kendaraan	47

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A GAMBAR HASIL AKUSISI CITRA.....	56
LAMPIRAN B DATA SMPEL	60
LAMPIRAN C MATRIKS HOG	62
LAMPIRAN D OUTPUT PROSES PELATIHAN DAN PENGUJIAN JARINGAN.....	74
LAMPIRAN E HASIL PENGUJIAN.....	88
LAMPIRAN F TAMPILAN PROGRAM JAVA.....	103



DAFTAR SINGKATAN

JST : Jaringan Saraf Tiruan

ANN : Artificial Neural Network

HOG : Histogram of Oriented Gradient

PCA : Principal Component Analysis



IDENTIFIKASI PLAT NOMOR KENDARAAN MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION

Nugroho Anjar S
NIM. 13650042

INTISARI

Terdapat banyak tantangan dalam penerapan sistem pengidentifikasian plat nomor kendaraan yang berkaitan dengan proses akuisisi citra. Di antaranya adalah pencahayaan saat pengambilan citra plat, iluminasi citra, kondisi serta material plat yang digunakan. Untuk itu dibutuhkan metode pengidentifikasian yang tepat serta fitur yang handal yang mampu bertahan dan tidak terpengaruh oleh kondisi-kondisi tersebut. Dalam penelitian ini peneliti mencoba menggunakan sebuah metode ekstraksi fitur bernama *Histogram of Oriented Gradient* untuk mengekstrak ciri citra karakter-karakter plat, serta Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* untuk metode pengklasifikasiannya.

Berbagai skenario properti HOG diterapkan dalam proses pelatihan dan pengujian JST untuk mencari struktur HOG optimal yang dapat menghasilkan akurasi pengenalan karakter plat tertinggi. Selain HOG, struktur *Hidden Layer* JST yang diterapkan dalam setiap proses pelatihan juga selalu berubah-ubah dengan jumlah yang terawasi dan terbatas. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan struktur terbaik JST sehingga dapat menghasilkan akurasi pengenalan karakter yang terbaik. Terdapat dua jaringan saraf yang digunakan dalam penelitian ini, jaringan pertama digunakan untuk melakukan pendeteksian karakter plat, sedangkan jaringan yang ke dua digunakan untuk melakukan pengenalan (klasifikasi) karakter plat. Setelah mendapatkan struktur properti HOG dan struktur JST yang optimal, pengujian sistem akan dilakukan dengan cara melakukan proses identifikasi deret karakter plat dari citra plat kendaraan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan yang telah dilatih tadi. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *Sliding Window* untuk melakukan *Scanning* pada citra untuk menemukan posisi-posisi setiap karakter plat dan selanjutnya dikirim pada jaringan pengenalan karakter untuk dikenali. Hasilnya kemudian dievaluasi.

Dari proses-proses pelatihan dan pengujian jaringan yang telah dilakukan, akurasi pengenalan tertinggi yang dapat dihasilkan jaringan pengenalan karakter mencapai 95.0749% dari 468 citra uji yang terdiri dari 13 citra per karakter. Sedangkan pada jaringan pendeteksi karakter, akurasi yang dihasilkan mencapai 99.8601% dari 3575 citra uji yang terdiri dari 468 citra karakter dan 3107 citra non-karakter. Adapun hasil pengujian sistem memperoleh tingkat akurasi pengenalan rata-rata sebesar 80.13716%.

Kata Kunci: Jaringan Saraf Tiruan (JST), *Histogram of Oriented Gradient* (HOG), Plat Nomor Kendaraan, *Sliding Window*

IDENTIFICATION OF VEHICLE LICENSE PLATE USING BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK

Nugroho Anjar S
NIM. 13650042

ABSTRACT

There are many challenges in implementing the vehicle license plate identification system which associated with the image acquisition process. Among them are the lighting when taking the image of the plate, the illumination of the image, the condition and the material of the plate used. For that we need appropriate identification methods and reliable features that can survive and not be affected by these conditions. In this research, the researcher tries to use a feature extraction method called Histogram of Oriented Gradient to extract character trait of plate characters, as well as Artificial Neural Network Backpropagation for its classification method.

Various HOG property scenarios are applied in the ANN training and testing process to find the optimal HOG structure that can produce the highest character recognition plate accuracy. In addition to HOG, the hidden layer ANN structure applied in every training process is also always changing with a limited number of supervised. This is done to get the best structure of ANN so it can produce the best character recognition accuracy. There are two neural networks used in this study, the first network used to detect the character plate, while the second network is used to perform the recognition (classification) of plate characters. After obtaining the HOG property structure and optimal ANN structure, the system testing will be done by identifying the character plat series from the vehicle plate image using the previously trained Neural Network. This process is done by using sliding window to scan the image to find the positions of each plate characters and then sent on the character recognition network to be recognized. The results are then evaluated.

From the training and network testing processes that have been done, the highest recognition accuracy that character recognition network can generate is 95.0749% of the 468 test images consisting of 13 images per character. While on the character detection network, the resulting accuracy reaches 99.8601% of the 3575 test images that are derived from 468 character images and 3107 non-character imagery. The system test results obtained an average recognition accuracy rate of 80.13716%.

Keyword: Artificial Neural Network (ANN), Histogram of Oriented Gradient (HOG), Vehicle License Plate, Sliding Window

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengidentifikasian plat nomor kendaraan atau dikenal dengan istilah *License Plate Recognition* (LPR) merupakan sebuah bidang permasalahan yang berfokus pada pendeteksian dan pengenalan plat nomor kendaraan. LPR telah diterapkan secara luas di berbagai negara maju, contohnya digunakan pada sistem pemantau lalu lintas, pengamanan parkir, serta sistem pencarian kriminal. Penggunaan LPR yang memanfaatkan sistem komputer dapat menghemat waktu pengerjaan dibandingkan jika menggunakan tenaga manusia. Namun demikian di Indonesia LPR masih sangat jarang diterapkan.

Terdapat banyak tantangan dalam penerapan LPR yang berkaitan dengan proses akuisisi citra. Di antaranya adalah pencahayaan saat pengambilan citra plat, iluminasi citra, kondisi serta material plat. Untuk itu dibutuhkan metode identifikasi yang tepat serta fitur yang handal yang mampu bertahan dan tidak terpengaruh oleh kondisi-kondisi tersebut. Sebuah penelitian yang telah dilakukan oleh Said (2014) membuktikan bahwa ekstraksi fitur menggunakan PCA pada plat nomor kendaraan menghasilkan tingkat akurasi pengenalan yang rendah, yaitu hanya sebesar 44.99%. Maka dari itu metode ekstraksi fitur yang digunakan harus tepat. Sebuah fitur bernama *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) terbukti mampu mengatasi anomali-anomali yang terjadi pada citra serta memberikan hasil pengenalan yang baik dalam beberapa kasus pendeteksian dan pengenalan objek. Contohnya pada kasus pendeteksian objek manusia yang diteliti oleh Dalal & Triggs (2005), dan pengenalan karakter (*Optical Character Recognition*) Banjare & Massey (2016). Fitur HOG memiliki beberapa properti yang dapat diatur sesuaikan dengan kebutuhan. Pemilihan properti ini akan menentukan dimensi fitur HOG nantinya. Untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi dalam penerapan LPR, maka pemilihan properti fitur HOG yang digunakan pun harus tepat.

Selain fitur, metode klasifikasi yang digunakan juga harus handal dalam menyelesaikan masalah pengklasifikasian objek yang memiliki banyak kelas. Salah satu metode yang dapat digunakan dan telah dikenal handal adalah Jaringan Saraf Tiruan (JST) *Backpropagation*. Dengan struktur jaringan yang tepat, JST *Backpropagation* dapat memberikan performa yang terbaik dalam proses pengklasifikasian objek.

Dalam penelitian ini peneliti akan menggunakan plat nomor kendaraan sebagai bahan eksperimen pengidentifikasian. Dengan Fitur yang digunakan yaitu Histogram of Oriented Gradient, dan jaringan saraf tiruan *Backpropagation* sebagai metode klasifikasinya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan di atas, permasalahan yang dapat diangkat yaitu:

- 1) Seberapa besar pengaruh ekstraksi fitur *Histogram of Oriented Gradient* dalam proses pengidentifikasian karakter-karakter plat nomor kendaraan?
- 2) Bagaimana struktur properti HOG yang optimal untuk proses pengidentifikasian karakter plat nomor kendaraan?
- 3) Bagaimana struktur jaringan *Backpropagation* yang optimal untuk proses pengidentifikasian plat nomor kendaraan?

1.3. Batasan Masalah

- 1) Objek plat kendaraan yang digunakan hanya plat kendaraan yang digunakan pada sepeda motor
- 2) Objek plat kendaraan yang digunakan hanya plat kendaraan yang berwarna dasar hitam dengan warna karakter putih
- 3) Plat kendaraan yang digunakan dalam pengujian hanya plat kendaraan standar (SNI) yang dikeluarkan oleh kepolisian Indonesia.
- 4) Citra yang digunakan dalam penelitian ini diambil menggunakan kamera berukuran 13 Mega Pixels
- 5) Citra yang digunakan adalah citra statis, bukan citra bergerak (video)

- 6) Pengambilan gambar dilakukan pada jarak ± 30 cm dari objek
- 7) Pengambilan gambar dilakukan di tempat yang terang dengan intensitas cahaya yang memadai

1.4 Tujuan Penelitian

- 1) Mengetahui seberapa besar pengaruh ekstraksi fitur Histogram of Oriented Gradient dalam proses pengidentifikasian karakter-karakter plat nomor kendaraan
- 2) Mengetahui bagaimana struktur properti HOG yang optimal untuk proses pengidentifikasian karakter plat nomor kendaraan
- 3) Mengetahui bagaimana struktur jaringan *Backpropagation* yang optimal untuk proses pengidentifikasian plat nomor kendaraan

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah metode pengidentifikasian plat nomor kendaraan yang baik sehingga dapat diterapkan pada berbagai aktifitas yang membutuhkan otomasi dalam pembacaan plat nomor kendaraan seperti pemantauan lalu lintas kendaraan, sistem keamanan tempat parkir dan lain sebagainya.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari berbagai percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Fitur HOG cukup mampu mewakili ciri citra karakter plat kendaraan, hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian sistem yang menghasilkan akurasi pengenalan rata-rata sebesar 80.13716%. Sementara akurasi pengenalan yang dihasilkan dari proses pengujian jaringan mencapai 95.0749%, dan akurasi jaringan pendeteksi karakter yang mencapai 99.8601%.
2. Struktur properti HOG yang paling optimal untuk diterapkan dalam studi kasus pengidentifikasian plat nomor kendaraan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - *Detection Window Size* = 36×54 pixel (lebar \times tinggi)
 - *Cell Size* = 6×6 pixel
 - *Block Size* = 18×18 pixel
 - *Block Stride* = 9×9 pixel
 - *Bin Size* = 9
3. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan yang paling optimal untuk proses pengenalan karakter adalah menggunakan dua lapis *Hidden Layer*, dengan 25 neuron pada *Hidden Layer* pertama, dan 20 neuron pada *Hidden Layer* ke dua. Sedangkan untuk jaringan pendeteksi karakter dapat menggunakan salah satu dari 4 pasangan *Hidden Layer* berikut, yaitu: 10 dan 18, 18 dan 12, 21 dan 26, atau 22 dan 10. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan pasangan 21 dan 26 untuk neuron pada *Hidden Layer* lapisan pertama dan ke dua jaringan.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki peneliti dalam menjalankan penelitian. Untuk itu peneliti

menyarankan untuk melakukan penelitian yang lebih lanjut dengan melakukan beberapa pengembangan sebagai berikut:

1. Menambah jumlah sampel citra karakter plat kendaraan untuk memperkaya data pelatihan dan pengujian
2. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari tahu bagaimana pengaruh yang ditimbulkan oleh perbedaan jarak tepian karakter plat dari tepian citra sample terhadap hasil pengenalan (klasifikasi) oleh jaringan.
3. Melakukan pengembangan terhadap metode yang digunakan untuk melakukan pendeteksian karakter plat dengan mempertimbangkan efisiensi waktu eksekusi sistem serta efektivitas algoritma yang digunakan
4. Melakukan pengembangan terhadap metode yang digunakan untuk melakukan pengenalan karakter plat untuk meningkatkan akurasi pengenalan karakter. Misalnya dengan melakukan *Pre-processing* terlebih dahulu pada citra karakter sebelum dikirim ke dalam jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Banjare, K., & Massey, S. (2016). Numeric Digit Classification Using HOG Feature Space and Multiclass Support Vector. *International Journal of Scientific Research and Education*, Vol.4, h. 5339-5345.
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). *Histograms of Oriented Gradients for Human Detection*. France: INRIA.
- Hamdianah, A. (2015). *Pengenalan Pola Handwriting Angka Arab Menggunakan JST Backpropagation*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: ANDI.
- Lawgali, A. (2016). Recognition of Handwritten Digits using Histogram of Oriented Gradients. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, Vol.4, h. 5339-5345.
- Meilandanu, A. (2017). *Pengenalan Plat Nomor Kendaraan bermotor Menggunakan Metode Diagonal Distance Feature*. Surabaya: Stikom.
- Ning, G. (2013). *Vehicle License Plate Detection And Recognition*. Columbia: University of Missouri.
- puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Yogyakarta: ANDI.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Putri, A. R. (2013). *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Menggunakan Metode Backpropagation dalam Kasus Pengenalan Pola Huruf Hijaiyah*. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Said, I. N. (2014). *Identifikasi Plat Nomor Dengan Principal Component Analysis Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik*. Institut Pertanian Bogor.



